

Perhitungan Koefisien Drag dan Koefisien Lift pada Lambung Kapal Katamaran Simetris (*Symmetrical*) dan Tidak Simetris (*Asymmetrical*)

Anton Hekso Yunianto^{1,*}, Tonny Suhendra²

^{1,2}Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Maritim Raja Ali Haji

^{1,2}Jl. Politeknik Senggarang, Tanjungpinang 29100

*Corresponding Author: a.hekso@umrah.ac.id

Abstract— Catamarans (double hull) as the river and sea transport modes that are rapidly being developed today and will likely continue to grow in the future, especially in Europe, America, and East Asia. One thing that makes popular catamaran and successfully applied in the mode of transportation because of the availability of a wide deck area, more comfortable level of stability and security. Catamarans tend to have lower water draft than the monohull vessel with the same displacement, so that it can be operated in shallow waters. Then the hull shape as a slender hull can reduce the incidence of wave wash than a single hull ship (monohull). An object moving through a fluid will experience the net force of the fluid in the body. For gastric symmetry, this force will occur in the free flow direction of a drag (D). If the stomach is not symmetrical, there will also be a normal force against the free flow of an elevator (L). Numerical modeling shows that fluid flow is laminar, critical, and turbulent. This is indicated by the direction of the vorticity field and the fluid type mass distribution, the greater the flow rate the flow properties will become increasingly random or turbulent.

Keywords— *Monohull, Catamaran, Drag dan Lift*

Intisari— Kapal katamaran (lambung ganda) sebagai moda transportasi sungai maupun laut yang terus dikembangkan secara pesat dewasa ini dan nampaknya akan terus berkembang di masa akan datang, khususnya di Eropa, Amerika, dan Asia Timur. Suatu hal yang membuat kapal katamaran menjadi populer dan sukses diaplikasikan dalam moda transportasi karena tersedianya area geladak (*deck area*) yang lebih luas, tingkat stabilitas yang lebih nyaman dan aman. Kapal katamaran (lambung ganda) cenderung memiliki sarat air yang lebih rendah dibanding kapal *monohull* dengan *displacement* yang sama, sehingga dapat dioperasikan pada perairan dangkal. Kemudian bentuk lambung yang langsing (*slender*) dapat memperkecil timbulnya sibakan air (*wave wash*) dibanding kapal lambung tunggal (*monohull*). Suatu benda yang bergerak melalui sebuah fluida akan mengalami gaya netto dari fluida pada benda. Untuk lambung simetri, gaya ini akan terjadi dalam arah aliran bebas yaitu sebuah drag (D). Jika lambung tidak simetris, akan terdapat pula sebuah gaya yang normal terhadap aliran bebas yaitu sebuah lift (L). Pemodelan numerik menunjukkan bahwa, aliran fluida bersifat laminar, kritis, dan turbulen. Hal ini terindikasi oleh arah medan vortisitas serta distribusi massa jenis fluida, semakin besar kecepatan aliran maka sifat aliran akan menjadi semakin acak atau turbulen.

Kata kunci— *Monohull, Katamaran, Drag dan Lift*

I. PENDAHULUAN

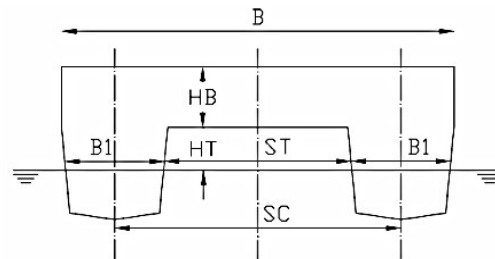
Kapal katamaran (lambung ganda) sebagai moda transportasi sungai maupun laut terus dikembangkan secara pesat dewasa ini dan nampaknya akan terus berkembang di masa akan datang [1] Kapal katamaran (lambung ganda) cenderung memiliki sarat air yang rendah sehingga kapal ini dapat beroperasi pada perairan dangkal dan kemudian bentuk lambung yang lansing (*slender*) dapat memperkecil timbulnya sibakan air (*wave wash*) dibandingkan dengan kapal lambung tunggal (*monohull*).

Dalam proses rekayasa, kapal katamaran menimbulkan banyak tantangan teknis dibanding desain kapal konvensional. Kapal ini ditandai dengan konfigurasi yang lebih kompleks dan operasional pada kecepatan yang lebih tinggi. Dalam mendesain kapal katamaran, seorang desainer menggunakan teknik eksperimen (*model test*) dan pemodelan numerik. Pada kapal katamaran, masalah hambatan masih banyak dibahas dan didiskusikan. Hal ini dikarenakan komponen hambatannya lebih kompleks dibanding kapal lambung tunggal, yaitu rumitnya efek interaksi komponen hambatan viskos dan gelombang pada lambung kapal katamaran. Fenomena interaksi komponen hambatan tersebut masih merupakan bahasan ilmiah yang terus dikembangkan [2]. Menentukan separasi optimal antara lambung dan juga memprediksi interferensi gelombang yang terjadi. Beberapa kajian tentang jarak antar lambung secara sistematis telah diteliti oleh Insel dan rekan-rekannya, dan juga diteliti oleh Mollan dan rekan-rekannya [3]. Kajian tersebut berkesimpulan bahwa dengan perubahan jarak antara kedua lambung kapal katamaran memberikan pengaruh interferensi yang signifikan terhadap hambatan viskos. Disamping itu interferensi gelombang juga dapat berpengaruh terhadap laju gelombang akibat perubahan jarak antara lambung kapal katamaran.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Kapal Katamaran

Kapal katamaran merupakan jenis kapal *multi hull* dengan dua buah lambung (*demihull*) yang dihubungkan oleh suatu konstruksi sehingga menjadi sebuah kesatuan sebagai satu kapal. Kedua demihull ini tersusun dengan rangkaian bridging. Struktur *bridging* ini merupakan sebuah keuntungan katamaran karena menambah tinggi lambung timbul (*freeboard*). Sehingga memungkinkan terjadi *deck wetness* dapat dikurangi. Katamaran mempunyai garis air lambung yang sangat ramping dengan tujuan untuk mempertoleh hambatan yang rendah. Garis air yang ramping ini menyebabkan katamaran sensitif terhadap perubahan distribusi berat.

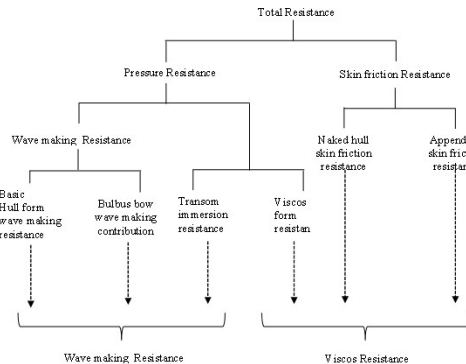


Gambar 1. Tipikal Konfigurasi Katamaran

B. Komponen Hambatan Kapal

Kapal yang bergerak di media air dengan kecepatan tertentu, akan mengalami gaya hambat (tahanan atau *resistance*) yang berlawanan dengan arah gerak kapal tersebut. Besarnya hambatan kapal sangat dipengaruhi oleh kecepatan gerak kapal (V_s), berat air yang dipindahkan oleh badan kapal yang tercelup dalam air (*displacement*), dan bentuk badan kapal (*hull form*). Berdasarkan pada proses fisiknya, [4] mengemukakan bahwa hambatan pada kapal yang bergerak dipermukaan air terdiri dari dua komponen utama yaitu tegangan normal (*normal stress*) dan tegangan geser (*tangential stress*). Tegangan normal berkaitan dengan hambatan gelombang (*wave making*) dan tegangan viskos. Sedangkan tegangan geser disebabkan oleh adanya viskositas fluida. kemudian Molland menyederhanakan komponen hambatan dalam dua kelompok utama yaitu hambatan viskos (*viscous*

resistance) dan hambatan gelombang (*wave resistance*) yang tergantung pada bilangan *Fround*, dimana kolerasi kedua komponen hambatan tersebut diperlihatkan pada persamaan 1.



Gambar 2. Diagram komponen Hambatan kapal, Molland 2008

$$R_{T(R_e, F_r)} = R_{V(R_e)} + R_{W(F_r)} \\ = (1 + k)_{(F_r)} R_{F(R_e)} + R_{W(F_r)} \quad (1)$$

Hambatan gelombang (R_W) mengandung komponen fluida ideal (*inviscid*) dan hambatan viscos atau kekentalan (R_V) meliputi hambatan akibat tegangan geser (*friction drag*) dan komponen tekanan kekentalan (*viscous pressure*).

Total hambatan kapal dapat dinyatakan dalam persamaan :

$$R_T = \frac{1}{2} \rho C_T (WSA) V^2 \quad (2)$$

Dimana :

ρ : massa jenis (kg/m^3)
 C_T : Koefisien hambatan total
 WSA : luasan bidang basah
 V : kecepatan kapal (m/s)

C. Hambatan Viscos

Hambatan viskos adalah penjumlahan dari beberapa komponen hambatan yakni hambatan bentuk (*viscous form resistance*), hambatan gesek lambung kapal (*naked hull skin friction*) dan hambatan tahanan lambung kapal (*appendage skin friction*). Hambatan bentuk adalah integral dari gaya normal yang bekerja pada lambung, dimana besar hambatannya

tergantung bentuk lambung dibawah permukaan air.

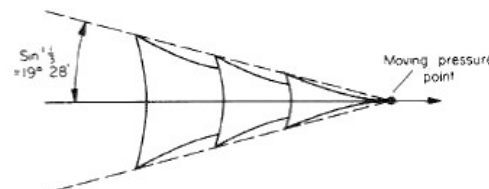
Viscous form resistance dapat juga disebut sebagai hambatan tekanan akibat viskos dimana komponen hambatannya dapat dihitung dengan cara mengintegralkan tegangan normal akibat viskositas dan turbulensi. Kuantitas ini tidak dapat langsung diukur kecuali pada benda yang terbenam seluruhnya, dalam hal ini sama dengan hambatan tekanan yang diperoleh dengan cara mengintegralkan tegangan normal ke seluruh permukaan benda menurut arah gerakan benda.

D. Hambatan Gelombang

Hambatan gelombang adalah komponen hambatan yang berkaitan dengan penggunaan energi untuk pembentukan gelombang grafitasi atau bekerjanya gaya normal fluida pada seluruh badan kapal. Komponen ini dipisahkan menjadi dua bagian, yaitu hambatan pola gelombang (R_{WP}) dan hambatan gelombang pecah karena besarnya relatif kecil dan terjadi pada kecepatan tinggi (*high speed condition*). Hambatan gelombang terjadi disebabkan oleh tekanan fluida yang bekerja dalam arah normal terhadap lambung kapal

Pola gelombang (*wave pattern*) oleh Lord Kelvin pada tahun 1904 memberikan persamaan sudut gelombang yang ditimbulkan oleh lambung kapal :

$$\phi = \sin^{-1} \left(\frac{1}{3} \right) = 19.471 \quad (3)$$



Gambar 3. Pola elevasi gelombang pada lambung kapal bergerak di air tenang

Interferensi antara sistem gelombang divergen dan transversal memberikan bentuk karakteristik gelombang yang dapat diamati karena kedua sistem gelombang bergerak pada kecepatan yang sama. Hubungan kecepatan

kapal (V), panjang gelombang (λ) antar dua puncak gelombang adalah :

$$\lambda = \frac{2\pi}{g} V^2 \quad (4)$$

Konsep Lift (Gaya Angkat) dan Drag (Gaya Seret)

Drag (Gaya Angkat)

Setiap benda yang bergerak melalui suatu fluida akan mengalami *drag*, \mathcal{D} suatu gaya netto dalam arah aliran karena tekanan dan gaya geser pada permukaan benda.

Koefisien drag (C_D) didefinisikan sebagai berikut :

$$C_D = \frac{\mathcal{D}}{\frac{1}{2} \rho U^2 A} \quad (5)$$

Lift (Gaya Angkat)

Setiap benda yang bergerak melalui sebuah fluida akan mengalami gaya netto dari fluida pada benda. Untuk lambung simetri, gaya ini akan terjadi dalam arah aliran bebas yaitu sebuah drag (\mathcal{D}). Jika lambung tidak simetris, akan terdapat pula sebuah gaya yang normal terhadap aliran bebas yaitu sebuah lift (\mathcal{L}).

$$C_L = \frac{\mathcal{L}}{\frac{1}{2} \rho U^2 A} \quad (6)$$

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

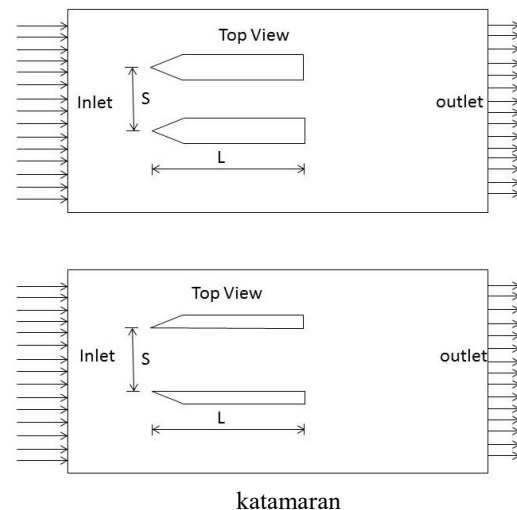
Pada penelitian ini menjelaskan tentang skema aliran fluida disekitaran lambung kapal katamaran. penyelesaian numerik dan simulasi. Pada simulasi akan diketahui besarnya komponen hambatan yang bekerja pada kapal katamaran untuk aliran laminar dan turbulen dengan jarak dengan rasio S/L 0.2 sampai S/L 0.4.

1. Skema Aliran fluida di sekitar lambung katamaran

Untuk mempermudah dalam menyelesaikan permasalahan aliran fluida di

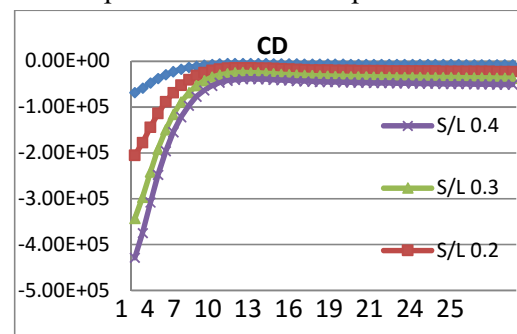
sekitar lambung katamaran maka dibuat skema dari permasalahan tersebut. Sehingga, bisa membantu untuk menggambarkan bagaimana permasalahan tersebut. Berikut adalah skema yang dibuat dalam merepresentasikan permasalahan yang akan diselesaikan :

Gambar 4. Skema susunan lambung kapal

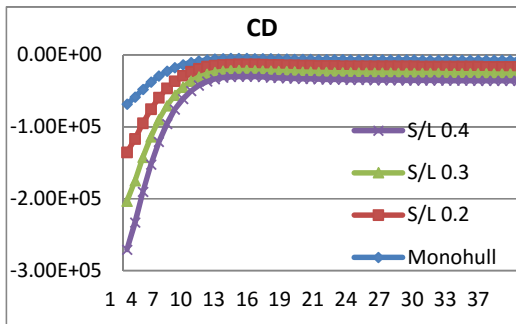


Pada skema diatas menjelaskan bahwa sebuah domain bentuk persegi panjang yang digunakan untuk meletakkan konfigurasi jarak secara melintang (S/L). Dimana S adalah konfigurasi jarak melintang antara lambung, L adalah panjang kapal. konfigurasi lambung $S/L = 0.2$, $S/L = 0.3$, $S/L = 0.4$.

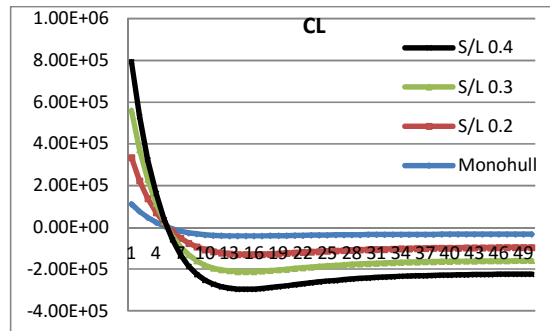
2. Komponen Hambatan Kapal



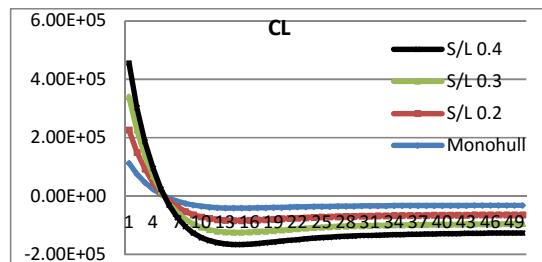
Gambar 5. Koefisien drag pada lambung simetris



Gambar 6. Koefisien drag pada lambung tidak simetris

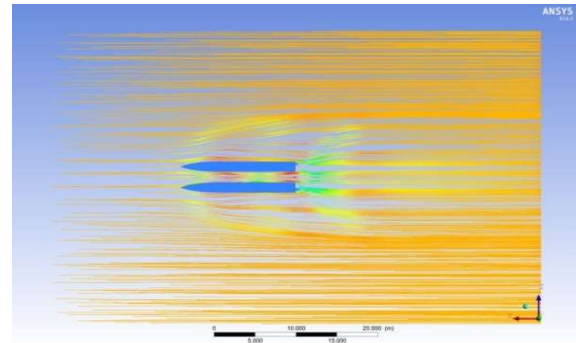


Gambar 7. Koefisien lift pada lambung simetris



Gambar 8. Koefisien lift pada lambung tidak simetris

1.2 Bentuk aliran streamline



Gambar 9. Bentuk aliran streamline simetris dan tidak simetris

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil simulasi, maka dapat disimpulkan bahwa

1. Aliran fluida yang melewati lambung kapal adalah Semakin kecil jarak antara lambung katamaran (S/L) maka semakin besar hambatan yang terjadi dan semakin besar jarak lambung secara melintang (S/L) maka semakin kecil efek hambatan untuk masing-masing rasio R/L.
2. Untuk lambung simetris dengan jarak rasio (S/L) semakin jauh maka nilai *drag* akan semakin kecil sedangkan bentuk lambung tidak simetris menunjukkan bahwa kapal dengan jarak rasio S/L 0.2 semakin besar dari pada jarak rasio S/L 0.4.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Dr. A. Jamaluddin dari Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya yang telah mendapatkan data hasil pengujian towing tank, dan Prof. Basuki Widodo, M.Sc, Ph.D selaku dosen yang mengajarkan tentang pemodelan numerik.

REFERENSI

- [1] Moraes, H.B., Vasconcellos, J.M., dan Almeida, P.M. (2007), *MultipleCriteria Optization Applied to Hight Speed Catamaran Preliminary Desain, Ocean Engineering, Volume 34., pp. 133-147*
- [2] Doctors, L.J. and Scrace, R.J (2003). "optimization of trimaran sidehull for minimum restitance", *Proceedings of seventh international Conference on Fash*

Sea Transportation , FAST, Ischia-Italy , Oktober

- [3] Insel, M and Molland, A F (1992). *An Investigation into the Resistance Components of High Speed Displacement Catamarans*. Trans RINA Vol 134.
- [4] Couser, P., Molland, A. F Armstrong N and Utama I K A P (1997), “Calm Water Powering Predictions for High Speed Catamarans”, *Prosc. Of international Conference on Fast Sea Transfortation*, FAST 1997, Sydney, 21-23 July
- [5] Jamaludin, A, Utama, I.K.A.P & Hamdani, M. Arief. (2010), “ *Kajian Interferensi Koefisien Hambatan Pada Lambung Kapal*

Katamaran Melalui Komputasi Slendernbody Method”. Majalah Ilmiah Pengkajian Industri. Deputi Teknologi Industri Rancang Bangun & Rekayasa Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi. Jakarta

- [6] Jamaludin, A, Utama, I.K.A.P., Widodo, B., Molland, A.F.,(2012), *Experimental and Numeric Study of the Resistance Component Interaction of Catamaran*, Journal Engineering for the Maritime Environment, Trans. The Institution of Mechanical Engineers Part M, ISSN 1475-0902.